

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-246296

(43)Date of publication of application : 30.08.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

H01J 37/18

H01J 37/305

(21)Application number : 2001-  
042669

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 20.02.2001 (72)Inventor : SHIMIZU SUMUTO

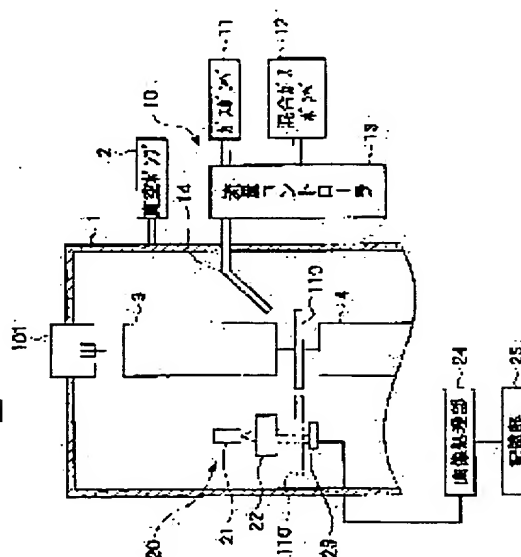
(54) METHOD FOR CLEANING RETICLE, APPARATUS AND METHOD FOR ELECTRON BEAM EXPOSING AS WELL AS METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for electron beam exposing or the like capable of cleaning a reticle in an exposure apparatus and contributing to an improvement in a pattern transfer accuracy or a yield.

SOLUTION: When the reticle is conveyed into the exposure apparatus, first the reticle is moved to a position of a reference numeral 110', and a fine article adhered to the reticle is detected by a detector 20. When the detection of the fine article is finished, the reticle is moved to an exposure position (a position of a reference numeral 110). In this case, a chlorine gas, an argon gas and an oxygen are supplied toward the reticle in a chamber 1.

Simultaneously, an electron beam of an accelerating voltage of 100 kV is continuously irradiated to the reticle to clean the reticle.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-246296

(P2002-246296A)

(43)公開日 平成14年8月30日(2002.8.30)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 7/20	5 2 1 5 C 0 3 3
G 0 3 F 7/20	5 2 1	H 0 1 J 37/18	5 C 0 3 4
H 0 1 J 37/18		37/305	B 5 F 0 5 6
37/305		H 0 1 L 21/30	5 4 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2001-42669(P2001-42669)

(22)出願日 平成13年2月20日(2001.2.20)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 清水 澄人

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74)代理人 100100413

弁理士 渡部 温 (外1名)

Fターム(参考) 5C033 KK03

5C034 BB05

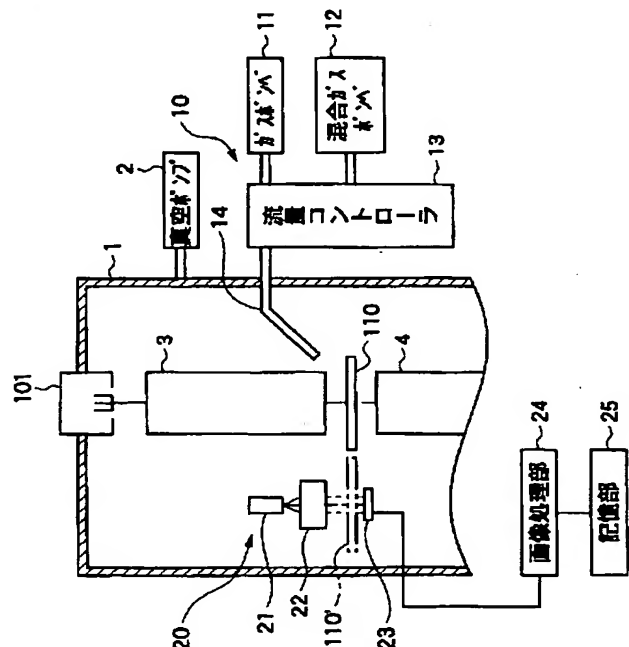
5F056 AA06 AA40 CB40 EA04

(54)【発明の名称】 レチクルクリーニング方法、電子線露光装置、電子線露光方法及びデバイス製造方法

(57)【要約】

【課題】 レチクルを露光装置内でクリーニングでき、パターン転写精度や歩留まりの向上に貢献できる電子線露光方法等を提供する。

【解決手段】 露光装置内にレチクルが搬入されると、まず、符号110'の位置に移動され、検出装置20でレチクルに付着した微細物が検出される。微細物の検出が終了すると、レチクルを露光位置(符号110の位置)に移動する。その際、塩素系ガスとアルゴン及び酸素を、チャンバ1内のレチクルに向けて供給する。それと同時に、加速電圧100kVの電子線をレチクルに連続照射し、レチクルクリーニングを行う。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 照明電子線の透過又は通過特性の違いによって特徴付けられたパターンを有し、該パターンを感応基板上に転写するのに用いられるレチクルをクリーニングする方法であって、  
該レチクルを露光装置内に置いた状態で、  
該レチクルの表面あるいはパターン開孔の側壁に付着した微細物に収束イオンビームを照射して該微細物を除去することを特徴とするレチクルクリーニング方法。

【請求項2】 照明電子線の透過又は通過特性の違いによって特徴付けられたパターンを有し、該パターンを感応基板上に転写するのに用いられるレチクルをクリーニングする方法であって、  
該レチクルを露光装置内に置いた状態で、  
該レチクルの表面あるいはパターン開孔の側壁に付着した微細物に対して腐食性を有するガスを当てながら、収束イオンビーム又は電子線を照射して該微細物を除去することを特徴とするレチクルクリーニング方法。

【請求項3】 前記腐食性を有するガスが、フッ素系ガス、塩素系ガス、または、臭素系ガスの内少なくとも一種であることを特徴とする請求項2記載のレチクルクリーニング方法。

【請求項4】 前記腐食性を有するガスに、不活性ガス、窒素又は酸素の内少なくとも一種を混合することを特徴とする請求項2又は3記載のレチクルクリーニング方法。

【請求項5】 感応基板上に転写すべきパターンを有するレチクルを電子線照明する照明光学系と、  
前記レチクルを載置するレチクルステージと、  
該レチクルを透過又は通過した電子線を感応基板上に投影結像させる投影光学系と、  
前記感応基板を載置する感応基板ステージと、  
を具備する電子線露光装置であって、  
前記レチクルの選択された部位に収束イオンビームを照射するガン及びイオンビーム光学系をさらに具備することを特徴とする電子線露光装置。

【請求項6】 感応基板上に転写すべきパターンを有するレチクルを電子線照明する照明光学系と、  
前記レチクルを載置するレチクルステージと、  
該レチクルを透過又は通過した電子線を感応基板上に投影結像させる投影光学系と、  
前記感応基板を載置する感応基板ステージと、  
を具備する電子線露光装置であって、  
前記レチクルの表面あるいはパターン開孔の側壁に付着した微細物を検出するためのプローブ光の光源、照射光学系及び検出系をさらに具備することを特徴とする電子線露光装置。

【請求項7】 照明電子線の透過又は通過特性の違いによって特徴付けられたパターンをレチクル上に形成し、  
該レチクルを前記照明電子線で照明し、該レチクルを透

過又は通過した電子線を感応基板上に投影結像させて前記パターンを感応基板上に転写する電子線露光方法であって、  
前記レチクルを露光装置内に置いた状態で、該レチクルにプローブ光を照射し、該レチクルを透過又は反射するプローブ光を検出することにより該レチクルの表面あるいはパターン開孔の側壁に付着した微細物を検出し、  
該微細物の除去の必要性を判定し、  
除去の必要がある場合には、該微細物を除去することを特徴とする電子線露光方法。

【請求項8】 前記微細物を除去した後に、再度、前記レチクルにプローブを照射して微細物の有無を検査し、  
前記微細物がほとんど無くなるまで前記除去及び検査を繰り返すことを特徴とする請求項7記載の電子線露光方法。

【請求項9】 請求項7又は8記載の電子線露光方法を用いるリソグラフィ工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、電子線縮小投影露光装置において用いるレチクルを露光装置内でクリーニングする方法等に関する。

**【0002】**

【従来の技術】近年の半導体集積回路製造技術の発展には目覚ましいものがあり、半導体素子の微細化、高集積化が進んでいる。半導体素子の性能はその素子の中にどれだけ多くの回路を設けたかではほぼ決まり、それは基板上に形成する回路のパターンサイズに大きく左右される。ICやLSI等の半導体素子製造工程には、半導体基板（感応基板）上に微細なパターンを形成するリソグラフィ工程があり、現在のところ、紫外線を用いたフォトリソグラフィが一般的である。しかし、回路パターンのより一層の微細化が進むにつれて、光を用いたフォトリソグラフィの解像限界が懸念されている。

【0003】そこで、電子線やイオンビーム等の荷電ビームやX線を用いた、より高解像なリソグラフィ技術が検討されている。特に、昨今では、0.1 $\mu$ mルール以下の微細パターン形成技術の開発が活性化している。上記技術の中でも、レチクルのパターンを感応基板上に縮小転写する電子線縮小投影露光法が注目されている。同露光方法は、従来のレチクル上の単純な基本図形パターンを感応基板上で重ね合わせて所望のパターンを形成するいわゆる可変成露光技術のような直描技術の延長とは異なり、光露光装置と同様に所望のパターンの拡大パターンをレチクルに形成し、該パターンをそのまま感応基板上に縮小転写する所に大きな特徴があり、スループットを格段に向上できる。

【0004】電子線露光装置で主に用いられるレチクルは、いわゆる散乱ステンシル型レチクルである。図7

は、ステンシル型レチクルの構成を示す側面断面図である。図7に示すステンシル型レチクルは、例えば厚さ1 mm程度のSiウェハを基体として形成されている。図中では、ブランク部200やストラット部201は、ほぼ基体ウェハと同じ厚さである。ストラット部201の間には、例えば2 μm程の厚さ（高さ）を有し、電子散乱体となるメンブレン203が形成されている。メンブレン203は、Siウェハブランクをエッチングすることにより形成される。メンブレン203には、例えば0.2 μm程の幅を有する幾つかのパターン開口部207が設けられている。レチクル上面に照射された電子線は、パターン開口部207を通して、下方に向かって進む。このとき、パターン開口部207の形成されている部分を通過した電子線は、そのまま真っすぐに下方に進むが、パターン207の形成されていないメンブレン203に当たった電子線はメンブレン203を散乱を受けながら透過する。この散乱電子は、レチクル下流の散乱電子制限開口でカットされ、感応基板上にはほとんど到達しない。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 散乱ステンシル型レチクル等を電子線露光装置に搭載する場合には、予め欠陥修正及びパターン検査等の施されたレチクルが露光装置内に搬送される。しかし、この搬送及び設置時等に、露光装置内のメカ駆動部分の摩耗により発生する浮遊微細物等のゴミがレチクルに付着することがある。

【0006】 レチクルのメンブレン201（図7参照）の上下面にゴミが付着した場合には、下方に通過する電子に直接影響を及ぼすことは無い。しかし、ゴミがW（タングステン）等の重金属を含む場合には、電子線の照射によりゴミが発熱することがある。ゴミが発熱すると、ゴミの付着しているレチクル面の温度が上り、レチクルが部分的に熱膨張するため、パターンの位置ずれを生じる。なお、レチクル上下面に付着したゴミがSiやカーボン等の低原子物質であり、サイズが小さい場合には、発熱することもほとんど無く、特に問題とはならない。

【0007】 一方、レチクルの側壁（電子線の通過する部分）にゴミが付着した場合には、下方に通過する電子に直接影響を及ぼす。特に、ゴミのサイズが大きい場合や密度が大きな場合には、ゴミの電子散乱能が高くなり、通過すべき電子線を散乱してしまう。すると、感応基板上にゴミの像が転写される。したがって、ゴミがSi等の低原子物質であっても大きな問題となる。

【0008】 また、図7に示すメンブレン203の厚さとパターン開口207の幅のアスペクト比（厚さ／幅）が10を越える場合には、ゴミの検査及び除去が非常に困難となる。というのは、ゴミ検出のプロープとして光を使うにしろ、電子線を使うにしろ開口部に対してほぼ垂直に入射させなければならないからである。レチクル

検査で漏れたゴミが付着していたり、レチクル欠陥修正をしそこなったりした場合には、その物質の構成材料や密度によっては、露光時にウェハ上に転写されてしまう。さらに、これらのゴミは露光装置内に搬送した後にも付着する可能性がある。したがって、これらのゴミを露光装置内で検出すると共に除去できるようにしなければ、デバイス製造工程は成り立たなくなってしまう。

【0009】 さらに、レチクルの表面あるいはパターン開孔の側壁には、コンタミネーションが付着する。コンタミネーションは、ウェハに塗布されたレジスト、あるいは、レジスト成膜と同一プロセスで成膜される光露光時の反射防止膜等が飛散して漂いレチクル等に固着する現象である。コンタミネーションは、そのほとんどが炭素から構成され、電子線の通路近傍で多く発生する。これらのコンタミネーションが付着すると、電子線は、チャージアップ等の不安定要因を発現し、ビームドリフト等を引き起こしやすくなってしまう。

【0010】 ここで、レチクルに付着するゴミの発生源とその特性について再度考察する。電子線露光装置内に搬送した後にレチクルに付着する可能性のある物質とその由来を考察する。レチクルはSiメンブレンブランクを作成後、フォトリソグラフィ法を応用してパターンニングが施される。つまり、Siブランクスメンブレン上にレジストを塗布し、所定の処理後に、例えばEBガウシアンビームにて所望のパターンを描画する。その後、所定のプロセスを経て得られたレジスト像をドライエッチング法でSiメンブレンに転写する。パターン転写後は、パターン上に残ったレジストを除去するために酸素アッシング処理を施すと良い。この後、必要に応じてレチクルの洗浄を行い、レチクルパターン検査工程に入る。この検査にて欠陥パターンあるいはステンシルパターン内のゴミを検出すると、その部分を次の欠陥修正工程で修正加工する。その後、再度レチクルパターンの検査が行われ、晴れて電子線露光装置内に搬送される。

【0011】 レチクル上に微細物（ゴミ）が付着するのは、レチクルの最終検査を終えてから、大気中に出され、電子線露光装置内に搬送され、装置内のレチクルホルダに収まるまでの工程においてである。このときレチクルには、大気中に漂う微細物が静電力等で付着する場合と露光装置内に搬送する際に搬送装置のメカ系から発塵するゴミが付着する場合とがある。

【0012】 これらのゴミは、その材料によって懸念されることが異なってくる。まず、シリコン、カーボン等の比較的軽元素から構成される物質は電子散乱能が比較的低く、また、電子吸収は極めて少ないと考えられる。例えば、このような物質がレチクルメンブレン（ブランク）上に付着した場合にはさほど心配は入らない。しかし、パターン側壁部に付着した場合には、そのサイズ及び密度によっては大きな問題となる。サイズが小さい場合、あるいはその密度が低い場合には、電子散乱能は

大きくなく、ウェハ上への像転写にはつながりがにくい。一方、サイズが大きい場合、あるいはその密度が大きい場合には、電子散乱能が大きく、ウェハ上に像転写されることがある。

【0013】そのゴミの像が転写されるかどうかは、そのゴミの像コントラストとして考えればよい。露光装置内のレチクル下方には、散乱アパーチャが配置されており、ある一定角度以上に散乱された電子はこの散乱アパーチャに吸収され、ビームコントラストを稼ぐ構成となっている散乱能の低いゴミが付着した場合には、電子線は、入射時の散乱回数が少なく、その散乱角は必然的に小さくなるので、散乱アパーチャに吸収されることはあまりない。しかし、散乱能の大きいゴミが付着した場合には、電子線は、散乱角が大きくなり、散乱アパーチャに多く吸収される。つまり、この場合には、コントラストが得られることとなり、ウェハ上にゴミの像が転写される。つまりこのような散乱能の大きいゴミを確実に取り除いた上で露光しなければ、所望の線幅のパターンを得ることはできない。また、微小サイズあるいは低密度の低散乱能物質であってもできる限り除去した後に露光を行うのが好ましい。

【0014】本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであって、レチクルを露光装置内でクリーニングでき、パターン転写精度や歩留まりの向上に貢献できる電子線露光方法等を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段及び発明の実施の形態】上記の課題を解決するため、本発明の第1のレチクルクリーニング方法は、照明電子線の透過又は通過特性の違いによって特徴付けられたパターンを有し、該パターンを感応基板上に転写するのに用いられるレチクルをクリーニングする方法であって、該レチクルを露光装置内に置いた状態で、該レチクルの表面あるいはパターン開孔の側壁に付着した微細物に収束イオンビームを照射して該微細物を除去することを特徴とする。

【0016】レチクルに付着したゴミ（微細物）に収束イオンビームを照射することにより、エッチングするようにゴミを除去することができる。特に、メンブレンの厚さとパターン開口部の幅のアスペクト比（厚さ／幅）が大きな場合にも、開口部の壁面に付着したゴミに収束イオンビームを照射することにより、ゴミを除去することができる。

【0017】収束イオンビーム（Focused Ion Beam：FIB）の種類としては、例えば、Gaイオンビームを用いることができる。Gaイオンビームは、ビーム形状の制御が容易で、レチクルの開口部に対してほぼ垂直に入射させる上での制御性も良い。そのため、メンブレンの厚さとパターン開口部の幅のアスペクト比（厚さ／幅）が大きな場合には、特に有効である。しかし、Ga等の重金属のイオンビームを用いる場合には、イオンビーム

がSiメンブレンにダメージを与えたり、重金属がレチクル面上に残留することによる電子散乱能の変動あるいは電子線照射時の発熱等が起こるおそれがある。そこで、このような点が問題となる場合には、収束イオンビームとして、低原子物質であるSiイオンビームを用いることもできる。

【0018】本発明の第2のレチクルクリーニング方法は、照明電子線の透過又は通過特性の違いによって特徴付けられたパターンを有し、該パターンを感応基板上に転写するのに用いられるレチクルをクリーニングする方法であって、該レチクルを露光装置内に置いた状態で、該レチクルの表面あるいはパターン開孔の側壁に付着した微細物に対して腐食性を有するガスを当てながら、収束イオンビーム又は電子線を照射して該微細物を除去することを特徴とする。

【0019】レチクルを露光装置に搬送する際には、かなりの確率で金属等の微細物がレチクル表面に付着することがある。例えば、露光装置内外に漂う微細物が静電力等により付着する場合や、レチクル搬送装置のメカ系の摩擦により発塵したゴミ等がレチクルに付着する場合等である。これらの微細物の中には、収束イオンビームを照射しただけでは、周囲に飛び散るだけで完全に除去することが困難なものがある。そこで、そのような微細物に対しては、腐食性を有する物質をガス状にして当てながら収束イオンビームを照射する。こうすることにより、局部的エッチングが行われて微細物をガス化して排気することができるので、再付着の心配がない。なお、腐食性を有するガスを用いる場合には、収束イオンビームだけでなく、収束させた電子線を照射することにより微細物を腐食させ、取り除くことも可能である。

【0020】前記レチクルクリーニング方法においては、前記腐食性を有するガスが、フッ素系ガス、塩素系ガス、または、臭素系ガスの内少なくとも一種であることが好ましい。

【0021】腐食性を有するガスの種類は、取り除くべき微細物の構成材料に依存するが、例えば、Al、Cr、Fe-Ni等の場合には塩素系ガスを用い、Ta、Si等の場合にはフッ素系ガスを用いることが好ましい。また、Siの場合には、臭素系ガスを用いることもできる。ただし、これらのガスはレチクルのSiメンブレン自身に対しても腐食性があるため、シリコン表面の自然酸化膜（数十Å厚）がエッチングされる前に全クリーニングを終了するようにしないとレチクルパターンの変形が発生してしまう可能性がある。したがって、これらのガスは、低濃度で使用する他、収束イオンビーム又は電子線が微細物以外に照射されないように注意する必要がある。

【0022】塩素系ガスとしては、純塩素（Cl<sub>2</sub>）の他、四塩化炭素（CCl<sub>4</sub>）、三塩化炭素（CHCl<sub>3</sub>）、二塩化炭素（CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>）、塩化炭素（CH<sub>3</sub>Cl）

1) 等の炭化塩素系材料を用いることができる。また、シラン ( $\text{SiCl}_4$ )、六塩化アルミ ( $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ ) 等の金属塩化物も有効である。

【0023】フッ素ガスとしては、純フッ素 ( $\text{F}_2$ ) の他、四フッ化炭素 ( $\text{CF}_4$ )、三フッ化炭素 ( $\text{CHF}_3$ )、二フッ化炭素 ( $\text{CH}_2\text{F}_2$ )、フッ化炭素 ( $\text{CHF}$ ) 等の炭化フッ素系材料を用いることができる。また、六フッ化硫黄 ( $\text{SF}_6$ )、フッ化キセノン ( $\text{XeF}_2$ )、四フッ化シリコン ( $\text{SiF}_4$ )、六フッ化タングステン ( $\text{WF}_6$ ) 等も有効である。

【0024】臭素としては、純臭素の他、炭化臭素も効果がある。ただし、炭素構成数の多いものは、レチクル上の微細物の反応性エッチングの効果を抑制すると共に、真空チャンバ内においてコンタミネーション源となる可能性があるため、使用条件を慎重に吟味する必要がある。

【0025】前記レチクルクリーニング方法においては、前記腐食性を有するガスに、不活性ガス、窒素又は酸素の内少なくとも一種を混合することが好ましい。

【0026】レチクルに付着した微細物に対して腐食性を有するガスを当てながら収束イオンビーム、特に電子線を照射して微細物を取り除く際には、ガスがラジカルを形成し易く、いわゆるプラズマ状態となることがある。このプラズマ状態のガスは、露光装置内のコンタミネーションの除去にも非常に有効である。そこで、腐食性を有するガスに、不活性ガス、窒素又は酸素の内少なくとも一種を混合し、このプラズマ状態を安定的に作り出すことも好ましい。

【0027】本発明の第1の電子線露光装置は、感応基板上に転写すべきパターンを有するレチクルを電子線照明する照明光学系と、前記レチクルを載置するレチクルステージと、該レチクルを透過又は通過した電子線を感応基板上に投影結像させる投影光学系と、前記感応基板を載置する感応基板ステージと、を具備する電子線露光装置であって、前記レチクルの選択された部位に収束イオンビームを照射するガン及びイオンビーム光学系をさらに具備することを特徴とする。

【0028】収束イオンビームを照射するガン及びイオンビーム光学系を露光装置内に設けることにより、レチクルを露光装置内に置いた状態でゴミを除去 (いわゆる *in situ* クリーニング) することができる。

【0029】本発明の第2の電子線露光装置は、感応基板上に転写すべきパターンを有するレチクルを電子線照明する照明光学系と、前記レチクルを載置するレチクルステージと、該レチクルを透過した電子線を感応基板上に投影結像させる投影光学系と、前記感応基板を載置する感応基板ステージと、を具備する電子線露光装置であって、前記レチクルの表面あるいはパターン開孔の側壁に付着した微細物を検出するためのプローブ光の光源、照射光学系及び検出系をさらに具備するこ

とを特徴とする。

【0030】プローブ光源としては、UV、DUV (Deep Ultra Violet)、EB (電子線)、FIB (収束イオンビーム) 等が挙げられる。レチクルの表面の微細物の検出にはUV、DUVが有効であり、レチクルのパターン開孔の側壁に付着した微細物の検出には高NAのDUV、EB転写、FIB転写等が有効である。また、検出系としては、例えば、レチクルステージに高解像度のCCDカメラを取り付け、レチクルのパターン開口部を透過するEB等を取り込み、画像処理することによりレチクルのパターン開孔の側壁に付着した微細物を検出することもできる。

【0031】本発明の電子線露光方法は、照明電子線の透過又は通過特性の違いによって特徴付けられたパターンをレチクル上に形成し、該レチクルを前記照明電子線で照明し、該レチクルを透過又は通過した電子線を感じ基板の上に投影結像させて前記パターンを感じ基板上に転写する電子線露光方法であって、前記レチクルを露光装置内に置いた状態で、該レチクルにプローブ光を照射し、該レチクルを透過又は反射するプローブ光を検出することにより該レチクルの表面あるいはパターン開孔の側壁に付着した微細物を検出し、該微細物の除去の必要性を判定し、除去の必要がある場合には、該微細物を除去することを特徴とする。

【0032】前記電子線露光方法においては、前記微細物を除去した後に、再度、前記レチクルにプローブを照射して微細物の有無を検査し、前記微細物がほとんど無くなるまで前記除去及び検査を繰り返すことが好ましい。

【0033】微細物がほとんど無くなるまで検査・除去を繰り返すことにより、より確実に微細物の除去を行うことができる。また、微細物の除去の必要性を判定することにより、除去に要する時間を短縮することができる。判定は、例えば、ある寸法を設定し、その寸法以下の微細物は除去不用であるとする。なお、微細物の除去の判定が困難である場合には、検出されたものを順次除去することもできる。その際には、予め微細物のある寸法を設定し、その寸法以上の微細物が検出されなくなったら検出及び除去を終了する。

【0034】本発明のデバイス製造方法は、前記電子線露光方法を用いるリソグラフィ工程を含むことを特徴とする。

【0035】以下、図面を参照しつつ説明する。まず、分割転写方式の電子線投影露光装置の光学系全体における結像関係及び制御系の概要について説明する。図3は、分割転写方式の電子線投影露光装置の光学系全体における結像関係及び制御系の概要を示す図である。光学系の最上流に配置されている電子銃101は、下方に向けて電子線を放射する。電子銃101の下方には2段のコンデンサレンズ102、103が備えられており、電

子線は、これらのコンデンサレンズ102、103によって収束されブランキング開口107にクロスオーバーC.O.を結像する。

【0036】二段目のコンデンサレンズ103の下には、矩形開口104が備えられている。この矩形開口（照明ビーム成形開口）104は、レチクル（マスク）110の一つのサブフィールド（露光の1単位となるパターン小領域）を照明する照明ビームのみを通過させる。この開口104の像は、レンズ109によってレチクル110に結像される。

【0037】ビーム成形開口104の下方には、ブランキング偏向器105が配置されている。同偏向器105は、必要時に照明ビームを偏向させてブランキング開口107の非開口部に当て、ビームがレチクル110に当たらないようにする。ブランキング開口107の下には、照明ビーム偏向器108が配置されている。この偏向器108は、主に照明ビームを図3の横方向（X方向）に順次走査して、照明光学系の視野内にあるレチクル110の各サブフィールドの照明を行う。偏向器108の下方には、照明レンズ109が配置されている。照明レンズ109は、レチクル110上にビーム成形開口104を結像させる。

【0038】レチクル110は、実際には（図4を参照しつつ後述）光軸垂直面内（X-Y面）に広がっており、多数のサブフィールドを有する。レチクル110上には、全体として一つの半導体デバイスチップをなすパターン（チップパターン）が形成されている。もちろん、複数のレチクルに1個の半導体デバイスチップをなすパターンを分割して配置しても良い。レチクル110は移動可能なレチクルステージ111上に載置されており、レチクル110を光軸垂直方向（X-Y方向）に動かすことにより、照明光学系の視野よりも広い範囲に広がるレチクル上の各サブフィールドを照明することができる。レチクルステージ111には、レーザ干渉計を用いた位置検出器112が付設されており、レチクルステージ111の位置をリアルタイムで正確に把握することができる。

【0039】レチクル110の下方には投影レンズ115及び119並びに偏向器116が設けられている。レチクル110の1つのサブフィールドを通過した電子線は、投影レンズ115、119、偏向器116によってウェハ123上の所定の位置に結像される。投影レンズ115、119及び偏向器116（像位置調整偏向器）の詳しい作用については、図5を参照して後述する。ウェハ123上には、適当なレジストが塗布されており、レジストに電子線のドーズが与えられ、レチクル上のパターンが縮小されてウェハ123上に転写される。

【0040】レチクル110とウェハ123の間を縮小率比で内分する点にクロスオーバーC.O.が形成され、同クロスオーバー位置にはコントラスト開口118が設け

られている。同開口118は、レチクル110の非パターン部で散乱された電子線がウェハ123に到達しないよう遮断する。

【0041】ウェハ123の直上には反射電子検出器122が配置されている。この反射電子検出器122は、ウェハ123の被露光面やステージ上のマークで反射される電子の量を検出する。例えばレチクル110上のマークパターンを通過したビームでウェハ123上のマークを走査し、その際のマークからの反射電子を検出することにより、レチクル110と123の相対的位置関係を知ることができる。

【0042】ウェハ123は、静電チャック（図示されず）を介して、X-Y方向に移動可能なウェハステージ124上に載置されている。上記レチクルステージ111とウェハステージ124とを、互いに逆の方向に同期走査することにより、投影光学系の視野を越えて広がるチップパターン内の各部を順次露光することができる。なお、ウェハステージ124にも、上述のレチクルステージ111と同様の位置検出器125が装備されている。

【0043】上記各レンズ102、103、109、115、119及び各偏向器105、108、116は、各々のコイル電源制御部102a、103a、109a、115a、119a及び105a、108a、116aを介してコントローラ131によりコントロールされる。また、レチクルステージ111及びウェハステージ124も、ステージ制御部111a、124aを介して、コントローラ131により制御される。ステージ位置検出器112、125は、アンプやA/D変換器等を含むインターフェース112a、125aを介してコントローラ131に信号を送る。また、反射電子検出器122も同様のインターフェース122aを介してコントローラ131に信号を送る。

【0044】コントローラ131は、ステージ位置の制御誤差を把握し、その誤差を像位置調整偏向器116で補正する。これにより、レチクル110上のサブフィールドの縮小像がウェハ123上の目標位置に正確に転写される。そして、ウェハ123上で各サブフィールド像が繋ぎ合わされて、レチクル上のチップパターン全体がウェハ上に転写される。

【0045】次に、分割転写方式の荷電粒子線投影露光に用いられるレチクルの詳細例について、図4を参照しつつ説明する。図4は、荷電粒子線投影露光用のレチクルの構成例を模式的に示す図である。（A）は全体の平面図であり、（B）は一部の斜視図であり、（C）は一つの小メムブレン領域の平面図である。このようなレチクルは、例えばシリコンウェハに電子線描画・エッチングを行うことにより製作できる。

【0046】図4（A）には、レチクル110における全体のパターン分割配置状態が示されている。同図中に多数の正方形141で示されている領域が、一つのサブ



フィールドに対応したパターン領域を含む小メンブレン領域（厚さ0.1  $\mu\text{m}$  ～数  $\mu\text{m}$ ）である。図4（C）に示すように、小メンブレン領域141は、中央部のパターン領域（サブフィールド）142と、その周囲の額縁状の非パターン領域（スカート143）とからなる。サブフィールド142は転写すべきパターンの形成された部分である。スカート143はパターンの形成されていない部分であり、照明ビームの縁の部分が当たる。パターン形成の形態としては、メンブレンに孔開き部を設けるステンシルタイプと、電子線の高散乱体からなるパターン層をメンブレン上に形成する散乱メンブレンタイプとがある。

【0047】一つのサブフィールド142は、現在検討されているところでは、レチクル上で0.5～5mm角程度の大きさを有する。投影の縮小率を1/5とすると、サブフィールドがウェハ上に縮小投影された投影像の大きさは、0.1～1mm角である。小メンブレン領域141の周囲の直交する格子状のグリレージと呼ばれる部分145は、レチクルの機械強度を保つための、例えば厚さ0.5～1mm程度の梁である。グリレージ145の幅は、例えば0.1mm程度である。なお、スカート143の幅は、例えば0.05mm程度である。

【0048】図4（A）に示すように、図の横方向（X方向）に多数の小メンブレン領域141が並んで一つのグループ（エレクトリカルストライプ144）をなし、そのようなエレクトリカルストライプ144が図の縦方向（Y方向）に多数並んで一つのメカニカルストライプ149を形成している。エレクトリカルストライプ144の長さ（メカニカルストライプ149の幅）は照明光学系の偏向可能視野の大きさによって制限される。なお、一つのエレクトリカルストライプ144内における隣り合うサブフィールド間に、スカートやグリレージのような非パターン領域を設けない方式も検討されている。

【0049】メカニカルストライプ149は、X方向に並列に複数存在する。隣り合うメカニカルストライプ149の間にストラット147として示されている幅の太い梁は、レチクル全体のたわみを小さく保つためのものである。ストラット147はグリレージ145と一体である。

【0050】現在有力と考えられている方式によれば、1つのメカニカルストライプ（以下単にストライプと呼ぶ）149内のX方向のサブフィールド142の列（エレクトリカルストライプ144）は電子線偏向により順次露光される。一方、ストライプ149内のY方向の列は、連続ステージ走査により順次露光される。

【0051】図5は、レチクルからウェハへのパターン転写の様子を模式的に示す斜視図である。図の上部にレチクル110上の1つのストライプ149が示されている。ストライプ149には上述のように多数のサブフィ

ールド142（スカートについては図示省略）及びグリレージ145が形成されている。図の下部には、レチクル110と対向するウェハ123が示されている。

【0052】この図では、レチクル上のストライプ149の一番手前の偏向帯144の左隅のサブフィールド142-1が上方からの照明ビームIBにより照明されている。そして、サブフィールド142-1を通過したパターンビームPBが、2段の投影レンズと像位置調整偏向器（図3参照）の作用によりウェハ123上の所定の領域152-1に縮小投影されている。パターンビームPBは、レチクル110とウェハ123の間で、2段の投影レンズの作用により、光軸と平行な方向から光軸と交差する方向へ、そしてその逆に計2回偏向される。

【0053】ウェハ123上におけるサブフィールド像の転写位置は、レチクル110とウェハ123との間の光路中に設けられた偏向器（図3の符号116）により、各パターン小領域142に対応する被転写小領域152が互いに接するように調整される。すなわち、レチクル上のパターン小領域142を通過したパターンビームPBを第1投影レンズ及び第2投影レンズでウェハ123上に収束させるだけでは、レチクル110のパターン小領域142のみならずグリレージ145及びスカートの像までも所定の縮小率で転写することとなり、グリレージ145等の非パターン領域に相当する無露光領域が各被転写小領域152の間に生じる。このようにならないよう、非パターン領域の幅に相当する分だけパターン像の転写位置をずらしている。なお、X方向とY方向に1つずつの位置調整用偏向器が設けられている。

【0054】次に、本発明の1つの実施の形態に係る電子線露光装置について説明する。図1は、本発明の1つの実施の形態に係る電子線露光装置のレチクル周辺部を示す図である。図1には、図3を参照しつつ前述した電子銃101やレチクル110が示されている。ここで、図3に示したコンデンサレンズや投影レンズ等は照明光学系3、あるいは投影光学系4として一括して図示してある。また、レチクル110を載置するレチクルステージは図示省略されている。レチクル110や光学系3、4の周囲は、筒状あるいはボックス状をした真空チャンバ1に覆われている。真空チャンバ1には、真空ポンプ2が接続されており、真空チャンバ1内を真空排気している。

【0055】真空チャンバ1には、腐食性を有するガスを真空チャンバ1内に供給するガス供給装置10も接続されている。ガス供給装置10は、塩素系ガス等の腐食性を有するガスが充填されたガスボンベ11を備える。また、ガス供給装置10は、不活性ガス等の混合ガスが充填された混合ガスボンベ12を備える。ガスボンベ11及び混合ガスボンベ12は、流量コントローラ13に接続されている。流量コントローラ13の先（レチクル側）には、配管を介して、ガスを真空チャンバ1内のレ



チクル110周辺に供給するガス導入ノズル14が接続されている。ガス導入ノズル14が真空チャンバ1の壁面を貫通する部分には、図示せぬシールが設けられている。ガス導入ノズル14の先端は、レチクル110に向けて下方に折り曲げられており、ガスがレチクル110に当たるようになっている。

【0056】露光位置にあるレチクル110の側方の真空チャンバ1内には、レチクルに付着した微細物を検出する検出装置20が設けられている。検出装置20の上部には、UV等の照明光を発するプローブ光源21が設けられている。プローブ光源21の下方には、図示せぬレンズ等を備えた光学系22が設けられている。光学系22の下方には、照明光の検出を行うCCDカメラ等の検出系23が配置されている。光学系22と検出系23の間には、検査位置にあるレチクル110'が示されている。レチクルに付着した微細物を検出する際には、図示せぬレチクルステージ（図3参照）を駆動し、レチクル110を露光時の位置（図1の符号110の位置）から微細物検出装置20の位置（検査位置）に移動させる。微細物の検出中は、レチクルステージを走査し、検出光を順次レチクル各部に当てる。

【0057】検出系23には、真空チャンバ1外に設けられた画像処理部24が設けられている。レチクル110'のパターン開口部（図7参照）等に微細物が付着している際には、本来透過すべき部分の照明光が検出されないか弱くなる。そのため、画像処理部24において、検出系23で得られた画像データと本来得られるべきデータとを比較し、微細物の付着している位置、及び、微細物の大きさを調べる。画像処理部24には、記憶部25が接続されており、微細物の付着している位置を記憶する。

【0058】続いて、本発明の実施の形態に係るレチクルクリーニング方法の実施例について説明する。まず、4インチSiウェハからなるレチクル基板上に、1.13mm角の露光エリア（メンブレン領域）を100×42個有する露光フィールド（メカニカルストライプ）を2つ備えるレチクルブランクスを作製する。このレチクルブランクス上に、電子線直接描画によりエッチングマスクとなるレジストパターンを形成する。その後、ICP-RIE法（高周波誘導結合プラズマリアクティブイオンエッチング法）で2μm厚Siメンブレンにパターン転写を行ってレチクルパターンを形成する。

【0059】次に、レチクルパターン検査装置において、レチクルパターンの検査及び欠陥修正を行う。レチクルパターン検査装置では、レチクルに電子線を当て、レチクルパターンの透過SEM像を得、そのSEM像を座標データに変換する。続いて、変換された座標データと予め用意されたCAD座標データとの差分処理を行い、パターンの欠陥を検出する。また、レチクルパターン検査装置においては、透過SEM像と共に、反射SE

M像も得て、両者の光学的な重ね合わせ処理を行い、パターンの側壁傾斜角が垂直から大きくずれている箇所も検出する。これらの検査からパターンの欠陥が検出された場合には、FIBを用いてパターンの欠陥修正を行う。その後、再度レチクルパターン検査装置でパターンの欠陥検査を行い、欠陥が無くなるまで繰り返す。

【0060】欠陥修正を終えたレチクルは、電子線露光装置の配置されたクリーンルーム内に搬送される。その際、大気中を搬送されるので、レチクルには十分なパッケージを施し、ゴミが付着しないようにする。レチクルをクリーンルーム内に持ち込んだ際には、レチクルのパッケージを開封し、直ちにレチクルをレチクル搬送用のレチクルホルダに搭載する。レチクルは、レチクルホルダによって露光装置内に搬送され、レチクルステージに搭載される。

【0061】露光装置内にレチクルが搬入されると、まず、図1の符号110'の位置に移動され、検出装置20（図1参照）でレチクルに付着した微細物が検出される。検出された画像データと本来得られるべきデータとを比較し、微細物の付着している位置、又は、微細物の有無を調べる。

【0062】微細物の検出が終了すると、レチクルを露光位置（図1の符号110の位置）に移動する。その際、塩素系ガスとアルゴン及び酸素を流量比0.5:10:2の割合で、全供給量約12sccm、チャンバ1内のレチクルに向けて供給する。それと同時に、加速電圧100kVの電子線を露光時と同様に、例えば、3分間レチクルに連続照射し、レチクルクリーニングを行う。その際、検査時に微細物の確認された位置に合わせて照射しても良いし、レチクル全面に亘り照射しても良い。

【0063】クリーニングが終了した後、電子線の照射及びガスの供給を停止する。その後、再び、レチクルを図1の符号110'の位置に移動し、検出装置20で微細物の検出を行う。微細物が検出された際には、再び上記のクリーニングを行う。

【0064】微細物が取り除かれたら、再び、レチクルを露光位置（図1の符号110の位置）に移動する。また、真空ポンプ（図1参照）で真空チャンバ内のガスを真空排気し、真空チャンバ内を $10^{-4}$ Pa以上の真空度とする。この真空度に達したら、電子線を照射して通常の露光を行う。

【0065】次に、本発明の他の実施の形態に係る電子線露光装置について説明する。この実施の形態は、収束イオンビームを用いてレチクルクリーニングを行う例である。図2は、本発明の他の実施の形態に係る電子線露光装置のレチクル周辺部を示す図である。図2に示す電子線露光装置の大部分の構成は、図1に示したものと同様であるので、同じ部分には同じ符号を付して説明を省略する。

【0066】図2に示す露光位置にあるレチクル110

の側方には、クリーニング装置30が設けられている。クリーニング装置30は、収束イオンビームを供給するガン31を備える。ガン31の下方には、図示せぬ偏向器及びレンズ等を備えた光学系32が設けられている。光学系32の下方には、クリーニング位置にあるレチクル110' 'が示されている。レチクルをクリーニングする際には、図示せぬレチクルステージ(図3参照)を駆動し、レチクル110を露光時の位置(図1の符号110の位置)からクリーニング装置30の下方に移動する。クリーニング中は、レチクルステージを走査すると共に、光学系32で収束イオンビームを走査し、収束イオンビームを順次レチクルの各部に当てる。その際、塩素系ガス等の腐食性を有するガスをチャンバ1内のレチクルに向けて供給しても良い。

【0067】次に上記説明した電子線露光方法を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図6は、微小デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造のフローを示す。

【0068】ステップ1(回路設計)では、半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2(マスク製作)では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。この時、パターンについて局部的にリサイズを施すことにより近接効果や空間電荷効果によるビームボケの補正を行ってもよい。一方、ステップ3(ウェハ製造)では、シリコン等の材料を用いてウェハを製造する。

【0069】ステップ4(酸化)では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ5(CVD)では、ウェハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ6(電極形成)では、ウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ7(イオン打ち込み)では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ8(レジスト処理)では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ9(電子ビーム露光)では、ステップ2で作ったマスクを用いて電子ビーム転写装置によって、マスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。その際、上述の露光方法を用いる。ステップ10(光露光)では、同じくステップ2で作った光露光用マスクを用いて、光ステッパーによってマスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。この前又は後に、電子ビームの後方散乱電子を均一化する近接効果補正露光を行ってもよい。

【0070】ステップ11(現像)では、露光したウェハを現像する。ステップ12(エッチング)では、レジスト像以外の部分を選択的に削り取る。ステップ13(レジスト剥離)では、エッチングがすすんで不要となったレジストを取り除く。ステップ4からステップ13を繰り返すことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0071】ステップ14(組立)は、後工程と呼ばれ、上の工程によって作製されたウェハを用いて半導体

チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ15(検査)では、ステップ14で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成しこれが出荷(ステップ16)される。

【0072】以上図1～図7を参照しつつ、本発明の実施の形態に係る電子線露光装置等について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、様々な変更を加えることができる。

#### 【0073】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、レチクルを露光装置内でクリーニングでき、パターン転写精度や歩留まりの向上に貢献できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1つの実施の形態に係る電子線露光装置のレチクル周辺部を示す図である。

【図2】本発明の他の実施の形態に係る電子線露光装置のレチクル周辺部を示す図である。

【図3】分割転写方式の電子線投影露光装置の光学系全体における結像関係及び制御系の概要を示す図である。

【図4】電子線投影露光用のレチクルの構成例を模式的に示す図である。(A)は全体の平面図であり、(B)は一部の斜視図であり、(C)は一つの小メムブレ領域の平面図である。

【図5】レチクルからウェハへのパターン転写の様子を模式的に示す斜視図である。

【図6】微小デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造のフローを示す。

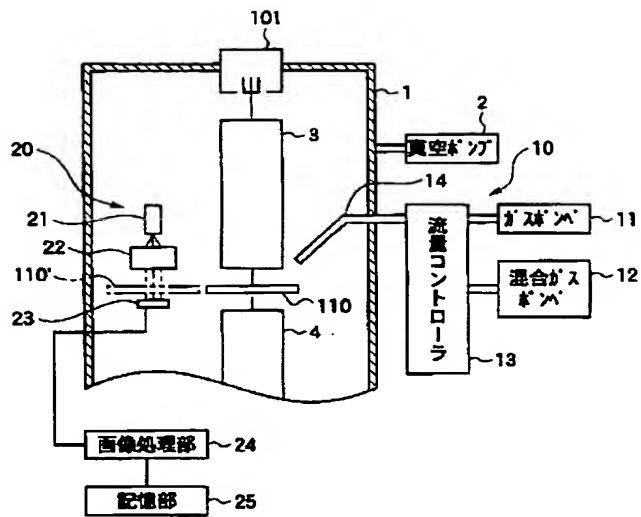
【図7】ステンシル型レチクルの構成を示す側面断面図である。

#### 【符号の説明】

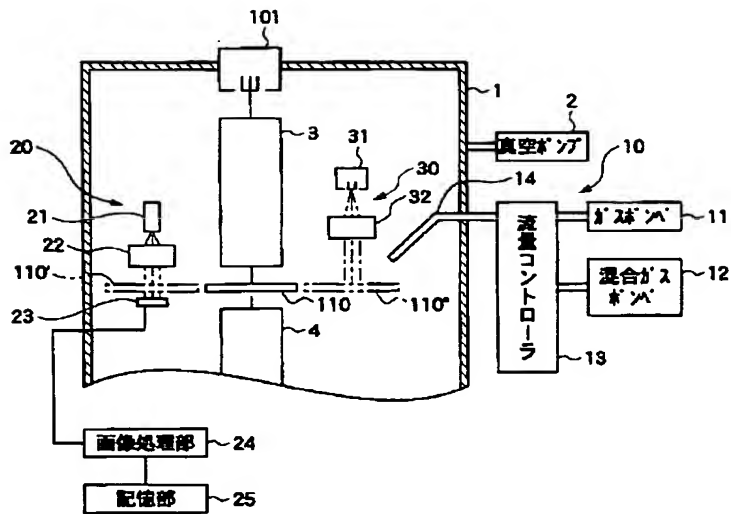
- 1 真空チャンバ
- 2 真空ポンプ
- 3 照明光学系
- 4 投影光学系
- 10 ガス供給装置
- 11 ガスボンベ
- 12 混合ガスボンベ
- 13 流量コントローラ
- 14 ガス導入ノズル
- 20 検出装置
- 21 プローブ光源
- 22 光学系
- 23 検出系
- 24 画像処理部
- 25 記憶部
- 101 電子銃

110 レチクル

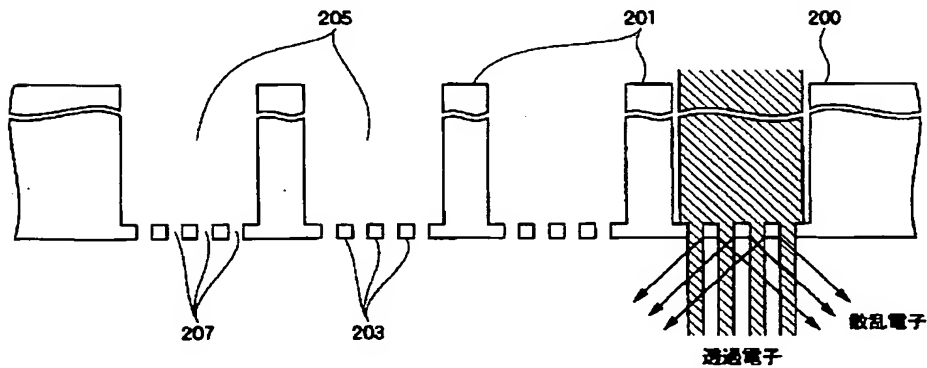
【図1】



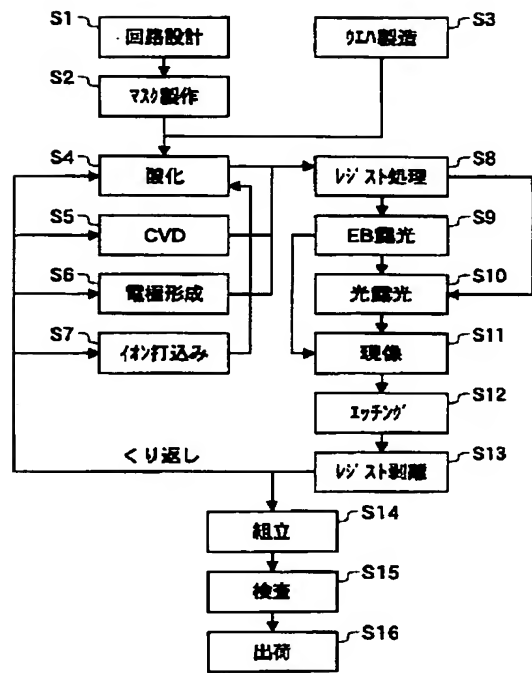
【図2】



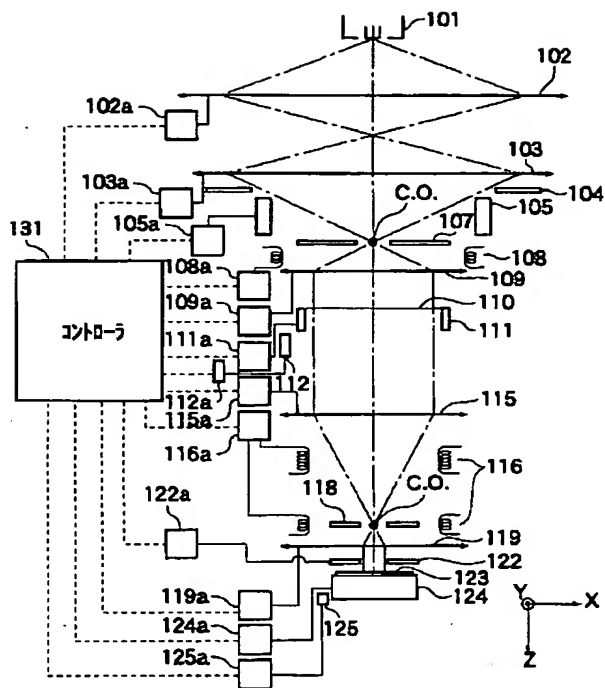
【図7】



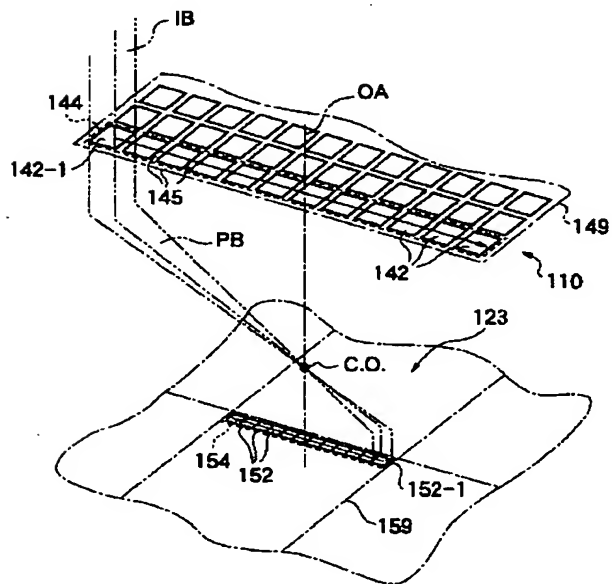
【図6】



【図3】



【図5】



【図4】

